

## 백열등 대체 용 조도 제어 LED 구동 시스템

박종연\*, 임기승\*, 백원현\*  
 강원대학교 IT특성화대학 전기전자공학과\* (주)대한 하이라이트\*\*

### Dimmable LED System for Replacement of Incandescent Lamp

Chong-Yeun Park\*, Ki-Seung Lim\*, Won-Hyun Baek\*  
 Dpt. of Electrical and Electronic Engineering Kangwon National University\* Dae Han Hi-light\*\*

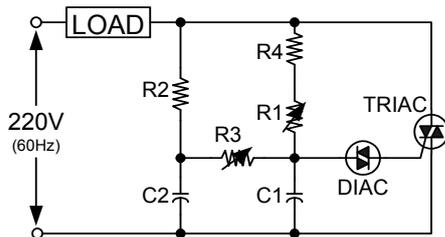
**Abstract** - LED에 대한 관심과 개발이 지속되고 있는 현재 그 활용이 LCD 패널, 실내 외 조명등 실생활에 많이 이용되고 있다. 특히 실내 조명에서는 적용이 용이 하기 때문에 백열등과 형광등의 대체로 LED를 사용한다. 본 논문에서는 실내 조명 에너지 절감을 위하여 백열등 대체용 Triac 조도 제어 POWER LED 구동회로를 소개한다. Triac 위상 제어 회로는 백열등 전용으로 만들어진 것이 대 다수이고 실내 조도 제어를 위해 많이 설치 되어 있다. Triac 위상 제어를 위한 POWER LED 구동 회로는 에너지 절감은 물론 백열등 대체 시 Triac 위상 제어 회로를 그대로 사용 할 수 있기 때문에 사회 전반에 걸쳐 사용 될 것으로 사료된다.

#### 1. 서 론

최근 RoHS(Restriction of Hazardous Substances)와 WEEE(Waste Electrical and Electronic Equipment Directive)가 세계화됨에 따라서 전기 전자 제품의 폐기물 처리에 관한 환경 제약이 본격화 되고 있다[1] 이에 따라 조명 업계에서는 친 환경 제약에 맞추어 주광원의 교체가 형광등과 메탈 등에서 차세대 광원인 LED로의 이동이 활발히 이루어지고 있다. LED의 최대 장점은 형광등에 비해 전력 소모가 절반 이하로 낮고 수명은 5~10배 이상 길다는 점이다. 또한 소형화가 가능한 점도 산업적 측면에서 매우 유용하게 작용한다. 현재 정부와 업계에서는 이러한 장점들을 고려하여 LED광원을 적극 권장하고 활용하고 있다. 본 논문에서는 전력 제어가 가능한 백열등 전용의 Triac 위상 제어 회로에 백열등을 대체하여 LED를 구동시킬 수 있는 두 가지 topology의 LED 구동 회로를 소개한다. Triac 위상 제어 회로가 LED 구동회로에서도 동작 할 수 있도록 Bleeder 회로를 추가 하였고, PFC가 가능한 LED 구동 회로는 Triac 위상 제어 회로에 의해 LED 전력을 10~95%까지 조절한다.

#### 2. 본 론

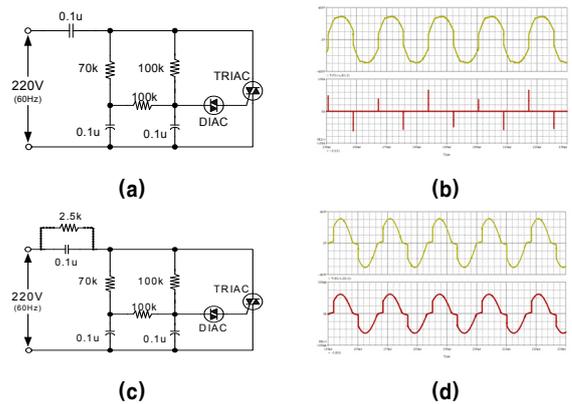
##### 2.1 Triac 위상 제어 회로



〈그림 1〉 Triac 위상 제어 회로

기존의 백열등 전용 전력 제어 회로는 그림 과 같다. Triac, Diac, 저항 및 커패시터의 조합으로 연결 되어 있다. 그림의 Load는 저항성 부하만이 허용되며, Load에 백열등을 제외하고 여타 다른 램프 혹은 램프를 구동시키기 위한 회로를 연결하였을 경우 정상적인 동작이 어렵다. Triac 위상 제어 회로는 교류 전원의 반주기 동안 C1에 충전된 전압에 의해 Diac과 Triac의 Gate가 Turn on된다. 실제로 R1,R4,C1에 의해서만 Triac 위상제어 회로가 만들어질 경우 위상제어가 0~90도로 제한된다. R1을 조절하여 C1의 걸리는 전압의 위상을 조절하여 0~90도의 위상제어가 이루어진다. 하지만 R2,R3,C2가 추가된 위의 회로는 좀 더 넓은 범위의 위상제어를 가능하게 한다. R2,C2,R3는 적정 정해진 값에 의해 미리 위상을 지연시켜 C1의 전압이 전원 전압보다 90도 이상이 지연될 수 있게 된다.

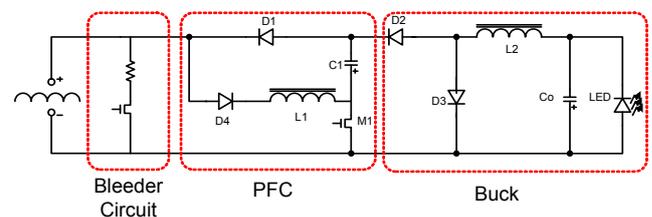
##### 2.2 Triac 위상 제어를 위한 Bleeder 회로



〈그림 2〉 Triac 동작을 위한 Bleeder 회로

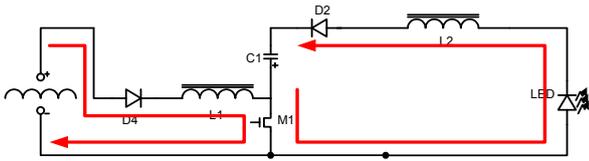
Triac 위상 제어 회로에 Triac OFF 구간동안 LED 구동 회로가 동작 하지 않을 경우 초기 임피던스는 0.1uF 정도의 커패시턴스로 나타나고 그림 1의 Load에 해당하는 부분의 값이 된다. 이것을 증가 하면 그림 2의 (a)와 같게 되는데 0.1uF의 커패시턴스는 Triac 위상 제어 회로가 제대로 동작 하지 않는 조건을 만든다. 따라서 커패시터 양단은 그림 2의 (b)와 같은 전압, 전류를 만들게 된다. 하지만, Triac OFF 구간에 커패시터와 병렬로 Bleeder 저항을 달아 주게 되면 저항에 의해 Triac이 ON 할 수 있는 조건을 만들 수 있다. (d)는 이때의 파형을 나타낸다. 실제 구성되는 LED 구동회로에서 Bleeder회로는 Triac이 ON되고 나면 LED 구동 회로와 분리 된다.

##### 2.3 Bleeder 회로가 추가된 LED 구동 회로

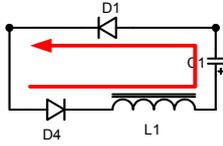


〈그림 3〉 Bleeder 회로가 추가된 LED 구동 회로 1

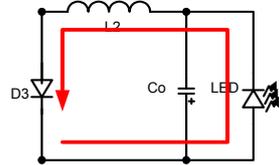
그림 3은 Bleeder 회로가 추가된 LED 구동 회로를 나타낸다. super tax사에서 제공한 topology로써 Triac 위상 제어 회로로 동작 가능하게 하기 위해 앞단에 Bleeder 회로가 있으며, PFC(역률 보상 회로), Buck stage로 구성된다. Bleeder 회로는 저항과 스위치로 이루어져 있는데 Triac이 동작 하지 않는 AC line voltage에서 스위치 M1이 ON되어 있고, Diac이 도통되어 Triac이 동작하는 AC line voltage에서 스위치 M1은 OFF된다. 스위치 M1이 ON되어 있는 경우 그림 1의 Load 부분이 그림 3의 R1에 해당하기 때문에 Triac 위상 제어 회로가 동작 하기 위한 조건에 충족 된다. 다음 PFC 회로와 Buck 회로의 동작 원리는 그림 3과 같이 총 3가지로 mode로 설명 할 수 있다.



(a) mode1



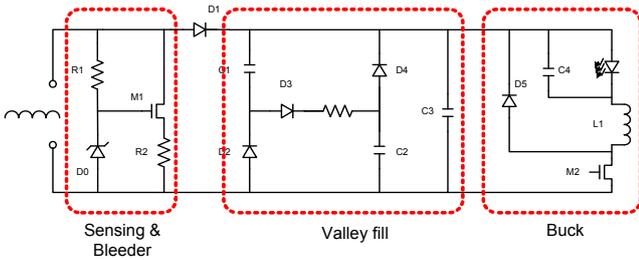
(b) mode2



(c) mode3

〈그림 4〉 Switching 전압에 따른 동작 원리

하나의 스위치 동작으로 PFC 기능과 Buck control 기능을 동시에 수행하는 topology이다. 미리 결정된 스위칭 주파수와 OFF time은 PFC단의 DCM(Discontinuous Current Mode)로 동작 하게 하고, Buck단은 CCM(Continuous Current Mode)로 동작 하게 한다. mode1은 스위치 ON구간으로 L1과 D4을 통해 전류가 흐르고, L2와 LED를 통해 전류가 흐른다, mode2는 스위치 OFF구간으로 D4,L,C11,D1을 통해 전류가 흐르고, LED,L2,D3를 통해 전류 loop가 형성된다. mode3은 PFC단의 DCM 구간에서 전류가 흐르지 않는 구간이며, buck단은 여전히 CCM을 수행하는 구간으로 LED,L2, D3를 통해 전류가 흐른다. 일반적으로 LED 구동회로 스위치의 ON,OFF는 정 전류 제어를 위해 전류 센싱을 기본으로 한다. 센싱 된 전류는 스위치의 OFF 시점만 결정하기 때문에 다시 스위치 ON하기 위한 시간을 결정해 주어야 한다. 스위치 OFF에서 스위치 ON하기까지의 시간 결정은 LED 구동 IC에 미리 설정해 주어야 한다.

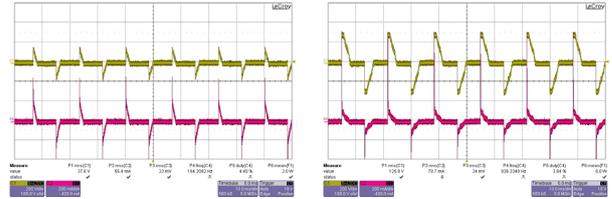


〈그림 5〉 Bleeder 회로가 추가 된 LED 구동회로 2

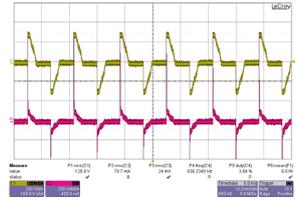
그림 5는 Sensing & Bleeder 회로, Valley fill ,buck stage로 구성된 topology이다. 앞단에 Sensing & Bleeder 회로는 Triac 위상 제어 회로의 Triac ON,OFF의 상태를 R2의 전압으로 센싱하여 LED 구동 IC로 전달한다. 그림 1의 Triac이 OFF 되어있을 경우 IC내부에 있는 Bleeder resistor가 연결되어 위상 제어 기능을 제대로 수행 할 수 있도록 돕는다. 그다음 단의 Valley fill 회로는 역률 개선 역할을 수행 하며 Buck stage는 LED에 정전류를 공급하며 일정한 전압을 출력 한다. 이와 같이 백열등 전용 Triac 위상 제어 회로에 백열등을 대체하여 LED를 구동시키려면 Bleeder 회로 같이 추가적인 회로는 필수이다.

## 2.4 실험 결과

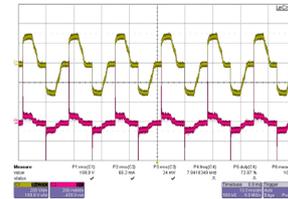
Bleeder 회로가 추가된 회로는 Triac 위상 제어에 의해 전력 제어를 가능하게 한다. 앞서 설명한 두 가지 topology는 역시 Bleeder회로가 추가된 형태의 회로들이며 실험을 통해 가능성을 확인 하였다.



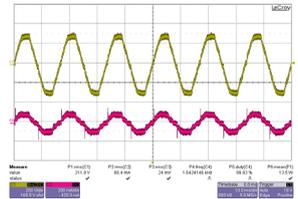
(a) 2W



(b) 6W



(c) 10W



(d) 15W

〈그림 6〉 Triac 위상 제어를 이용한 LED 전력 제어

그림6은 그림 1의 회로와 그림 2의 회로를 조합하여 구성된 LED 전력 제어 회로의 실험 결과이다. 실험에 사용된 LED는 15W POWER LED 이고, 10~95%의 전력 제어가 가능함을 확인하였다. 각 파형은 전압과 전류의 측정 결과이며, 전압은 200V/div, 전류는 200mA/div이다. (a),(b),(c),(d)의 파형에서 보는 것과 같이 각 단계에서 전력제어가 잘 이루어 진다는 것을 확인 할 수 있다.

## 3. 결 론

Triac 위상 제어 회로는 일반적으로 사용하는 LED 구동회로와 함께 사용하기 어렵다. LED 구동 회로 입력 단에 사용되는 커패시턴스의 영향으로 Triac을 제대로 동작 시킬 수 없기 때문이다. 본 논문에서는 Bleeder 회로가 추가된 LED 구동 회로에 대해 소개하고 실험을 통해 회로의 효용성을 입증하였다. Triac 위상 제어를 위한 POWER LED 구동 회로는 에너지 절감은 물론 백열등 대체 시 Triac 위상 제어 회로를 그대로 사용할 수 있기 때문에 사회 전반에 걸쳐 사용 될 것으로 사료된다.

감사의 글: 본 과제는 지식 경제부의 지원 및 제어 기술 기준 확립 사업으로 (주)대한 하이라이트에서 위탁 연구비로 수행한 결과이며 회사 관계자 분들께 깊은 감사를 드립니다.

## [참 고 문 헌]

- [1] 황명근, 장우진, 양승용, “환경 규제에 따른 조명 산업 발전 방안 연구” 한국조명·전기설비학회 2007춘계학술대회 논문집, 160p, 2007년
- [2] Super tax, “AN-9931”.
- [3] National Semiconductor, “LM3445”.